https://doi.org/10.5281/zenodo.19103043



مستويات الراحة والإجهاد المناخي في مدينة طبرق خلال الفترة 1981–2024م

د. فدوي إبراهيم سالم العقوري

عضو هيئة تدريس في قسم الجغرافيا –كلية الآداب والعلوم الابيار – جامعة بنغازي

Fadwa.elagori@uob.edu.ly

https://orcid.org/0009-0007-6237-6301

تاريخ الاستلام 2026/02/01 تاريخ القبول 2026/02/25 تاريخ النشر 2026/04/01

مقالة بحثية **الوصول مفتوح**

الملخص:

يستعرض هذا البحث دراسة الراحة الحرارية في محطة طبرق خلال الفترة 1981–2024 باستخدام مجموعة من المؤشرات المناخية المعروفة، وهي قرينة توم، قرينة بيرزانسنو، معامل جفني، معامل أدولف، ومعامل الحرارة والرياح لسبيل. أظهرت النتائج تباينًا موسميًا واضحًا؛ حيث يسود الشتاء البرودة الشديدة مع شعور بعدم الراحة الحرارية، بينما يفرض الصيف إجهادًا حراريًا خاصة أثناء التعرض للشمس والحركة، فيما يظهر الربيع والخريف فترات من الراحة الحرارية المعتدلة. المقارنة بين القرائن بينت أن قرينة بيرزانسنو تشير إلى ذروة حرارة صيفية أعلى من قرينة توم ومعامل جفني، في حين يوضح معامل أدولف تأثير النشاط والحركة على شعور الإنسان بالحرارة والإجهاد. نتائج الدراسة توفر قاعدة علمية لتخطيط النشاطات البشرية في طبرق، وتقديم توصيات لتخفيف آثار الحرارة أو البرودة على السكان والزوار، مع الإشارة لأهمية مراعاة الرياح والإشعاع الشمسي في التقييم الحراري.

الكلمات المفتاحية: راحة حرارية، مؤشرات مناخية، طبرق، التباين الموسمي، الإجهاد الحراري



Levels of Climate Comfort and Stress in the City of Tobruk During the Period 1981–2024"

DR.Fadwa Ibrahim Salem Elagori

Faculty member in the Department of Geography – Faculty of Arts and Sciences, Al-Abyar – University of Benghazi
Fadwa.elagori@uob.edu.ly
https://orcid.org/0009-0007-6237-6301

Received: 01/02/2026 Accepted: 25/02/2026 Published 01/04/2026

Research Article *open Access*

Abstract:

This study examines thermal comfort at Tobruk Station during the period 1981–2024 using a set of well-known climate indices, including the Thom index, the Perzensno index, the Jafni coefficient, the Adolf coefficient, and the Spil temperature and wind coefficient. The results showed a clear seasonal variation: severe cold dominates in winter with a feeling of thermal discomfort, while summer imposes heat stress, especially during sun exposure and physical activity, whereas spring and autumn present periods of moderate thermal comfort. Comparison among the indices indicated that the Perzensno index reflects a higher summer heat peak than the Thom index and Jafni coefficient, while the Adolf coefficient highlights the effect of activity and movement on human perception of heat and stress. The study provides a scientific basis for planning human activities in Tobruk and offers recommendations to mitigate the effects of heat or cold on residents and visitors, emphasizing the importance of considering wind and solar radiation in thermal assessment.

Keywords: Thermal comfort, Climate indices, Tobruk, Seasonal variation, Heat stress



https://doi.org/10.5281/zenodo.19103043

مقدمة:

تعتبر الراحة الحرارية أحد العوامل الأساسية المؤثرة على جودة حياة الإنسان والنشاطات اليومية، وتخضع لتأثيرات متعددة تشمل درجة الحرارة، الرطوبة، الرياح، والإشعاع الشمسي. توضح الدراسة كيفية تأثير الفصول على شعور الإنسان بالحرارة أو البرودة، وتبرز العلاقة بين النشاط اليومي للإنسان والظروف المناخية. توفر النتائج قاعدة علمية لتخطيط الأنشطة البشرية، وتصميم بيئة معيشية مريحة ومستدامة في طبرق.

مشكلة الدراسة:

يواجه سكان طبرق والزوار تقلبات حرارية موسمية شديدة، مما يؤثر على الراحة الحرارية اليومية، خاصة مع اختلاف النشاطات بين الجلوس في الظل، المشي تحت الشمس، أو الحركة الليلية.

أهمية الدراسة:

تكمن أهمية هذه الدراسة في توضيح العلاقة بين المناخ والنشاط البشري في مدينة طبرق، بما يسهم في فهم كيفية تأثر الإنسان بالعوامل المناخية المختلفة. كما تساعد نتائجها المخططين الحضريين والمهندسين في تصميم بيئة عمرانية أكثر راحة وتوافقًا مع الظروف المناخية المحلية، إضافة إلى توفير معلومات علمية دقيقة تُسهم في التخطيط السليم للأنشطة الخارجية. وتكتسب الدراسة أهميتها أيضًا من كونها تمثل إضافة نوعية للدراسات المناخية طويلة المدى في ليبيا، فضلًا عن دورها في تعميق الفهم العلمي لتأثير كل من الرياح والإشعاع الشمسي على مستوى الراحة الحرارية للإنسان.

أهداف الدراسة:

1. تحليل الراحة الحرارية في طبرق على مدار العام باستخدام مؤشرات مختلفة.
2. مقارنة مؤشرات القرائن المناخية لتحديد الفترات الأكثر راحة.
3. تقييم تأثير النشاط والحركة على الإحساس الحراري.
4. تحديد ذروة الإجهاد الحراري والبرودة السنوية.
5. تقديم توصيات لتحسين الراحة الحرارية للسكان والزوار.

أسئلة الدراسة .

1.ما مستويات الراحة الحرارية والإجهاد المناخي في مدينة طبرق خلال أشهر السنة المختلفة خلال الفترة 1981–2024م؟

2.إلى أي مدى تختلف نتائج مؤشرات الراحة الحرارية المستخدمة في تحديد الفترات الأكثر راحة أو إجهادًا مناخيًا في طبرق؟

3.كيف يؤثر اختلاف النشاط البشري (الجلوس في الظل، المشي تحت الشمس، والنشاط الليلي) على الإحساس الحراري للسكان والزوار؟

4.ما دور عناصر المناخ الرئيسة (درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح، والإشعاع الشمسي) في تحديد ذروة الإجهاد الحراري والبرودة في مدينة طبرق؟

منطقة الدراسة

المجال الجغرافي: تقع منطقة الدراسة في شمال شرق ليبيا وهي مدينة ساحلية توجد علي الساحل المتوسط (الزروق، 2012م. ص30). ما يوضح موقعها الجغرافي في شمال أفريقيا بالقرب من الحدود الليبية–المصرية.

المجال الفلكي: تقع محطة طبرق على دائرة عرض 32.068 شمالا وخط طول23.943 شرقا، وعلي ارتفاع 55.45 متر فوق مستوى سطح البحر (العقوري،2021م، ص11).

شكل (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي (https://power.larc.nasa.gov/data-access)

https://doi.org/10.5281/zenodo.19103043

الدراسات السابقة:

تناولت العديد من الدراسات العربية السابقة موضوع الراحة أو الإرهاق الحراري في مناطق مختلفة من ليبيا باستخدام مناهج وأساليب تحليلية متباينة. فقد ركّزت دراسة جمعة أرحومة جمعة الجالي (2023) على التباين الزمني والمكاني للراحة الفسيولوجية للإنسان في إقليم الجبل الأخضر، معتمدة على تحليل بيانات درجات الحرارة والرطوبة الموسمية، وتوصلت إلى أن أعلى فقد حراري ليلي خلال فصل الشتاء بلغ نحو4.471– كيلوجول/ساعة، في حين يبرز كسب الحرارة بصورة واضحة خلال النهار في فصل الصيف. وفي السياق نفسه، اهتمت دراسة آمال جمعة محمد النكب (2024) بتحليل أثر عناصر المناخ، ولا سيما الحرارة والرطوبة والرياح، على مستوى الراحة أو الانزعاج الحراري للإنسان في منطقة الزاوية، وأظهرت نتائجها تباين مستويات الراحة الحرارية عبر فصول السنة. كما قدم موسى خليل سعيد (2023) دراسة تطبيقية في المناخ التطبيقي تناولت العلاقة بين المناخ وشعور الإنسان بالراحة أو عدم الراحة في منطقة مصراتة، مع التركيز على تحديد الأشهر المريحة وغير المريحة حراريًا للسكان. من جهة أخرى، اعتمد علي مصطفى سليم (2023) على استخدام القرائن الحيوية المركبة للراحة المناخية، مثل قرينتي توم وأوليفر، لتحليل مناخ منطقة مصراتة خلال الفترة 1950–2020، وبيّن أن بعض الأشهر، كشهري نوفمبر ومايو، سجلت مستويات راحة مناخية تامة، في حين تراوحت بقية الأشهر بين الراحة النسبية وعدم الراحة. وفي دراسة لاحقة، استخدم علي مصطفى سليم (2024) نظم المعلومات الجغرافية لتحليل الخرائط الرقمية لمستويات الراحة الفسيولوجية في منطقة خليج سرت خلال الفترة 1970–2010، وأظهرت النتائج وجود تباين مكاني وزمني واضح في مستويات الراحة الحرارية، مع ارتفاع عدم الراحة خلال شهري يوليو وأغسطس.

تختلف الدراسة الحالية في أنها **تركّز بشكل محدد على مدينة طبرق**، بينما تناولت الدراسات السابقة مناطق أوسع، سواء على المستوى الإقليمي أو الساحلي لمدن أخرى في ليبيا. كما تتميّز الدراسة الحالية بأنها **تغطي فترة زمنية أحدث تمتد حتى 2024**، وتجمع بين **الراحة والإجهاد المناخي معًا**، مع التركيز على **مجموعة من قرائن الراحة والإجهاد المناخي الحيوية**.

منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي من خلال تحليل بيانات مناخية بمحطة طبرق للفترة الممتدة من 1981 إلى 2024م. وتم استخدام مجموعة من القرائن والمؤشرات المناخية لقياس الراحة الحرارية والإجهاد المناخي، شملت: قرينة توم، قرينة بيرزانسنو، معامل جفني، معامل أدولف، ومعامل الحرارة والرياح لسبيل، **وقد تم اختيار هذه المؤشرات لكونها من أكثر القرائن شيوعًا في دراسات المناخ التطبيقي، ولقدرتها على الربط بين عناصر المناخ المختلفة، خاصة درجة الحرارة والرطوبة والرياح، وتفسير تأثيرها المباشر على الإحساس الحراري للإنسان في البيئات شبه الجافة والساحلية المشابهة لبيئة مدينة طبرق.** جرى تصنيف الإحساس الحراري إلى مستويات مختلفة تشمل الراحة الحرارية، الإجهاد الحراري، والبرودة الشديدة، وذلك وفق القيم المعتمدة لكل مؤشر. كما تمت مقارنة نتائج القرائن المختلفة بهدف تحديد الفترات الزمنية الأكثر والأقل راحة حرارية خلال السنة. واعتمدت الدراسة على التمثيل البياني للنتائج لتوضيح النمط الموسمي لتغيرات الراحة الحرارية، وبيان تأثير عناصر المناخ في النشاط البشري داخل مدينة طبرق.

البيانات المناخية:

البيانات المناخية هي مجموعة من القياسات والملاحظات المنتظمة للعناصر الجوية، مثل درجة الحرارة، الرطوبة، الهطول، وسرعة الرياح، والتي تُستخدم لتحليل الخصائص المناخية ودراسة الأنماط الجوية على المدى الزمني الطويل. ويشير. هاريسون(Harrison, 2010,P45-47) ، إلي أن هذه البيانات الأساس العلمي لفهم الظواهر المناخية، ودعم التخطيط البيئي، وتقييم تأثير المناخ علي الأنشطة البشرية.

جدول (1) الخصائص المناخية الشهرية (الهطول المطري، الرطوبة النسبية، درجة الحرارة، وسرعة الرياح) في محطة طبرق للفترة بين 1981– 2024م

الشهور	مجموع الهطول المطري (ملم)	الرطوبة النسبية(%)	درجة الحرارة (°م)	سرعة الرياح (متر/ثانية)
يناير	50.3	74.3	11.8	5.27
فبراير	37.5	71.8	12.2	5.28
مارس	17.3	69	14.2	4.96
أبريل	5.1	63.8	17.4	4.76
مايو	5.4	61.3	21.1	4.37
يونيو	0.6	60.5	24.6	4.52
يوليو	0.1	64.6	26.3	5.13
أغسطس	0.3	65.7	26.7	4.76
سبتمبر	4.6	63.8	25.3	4.29
أكتوبر	16.9	65	22	3.93
نوفمبر	27.7	67.7	17.4	4.35
ديسمبر	48.1	72.4	13.6	4.98

المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي بيانات الموقع (https://power.larc.nasa.gov/data-access)

يقدم الجدول السابق بيانات شهرية لأربعة عناصر مناخية أساسية في محطة طبرق خلال الفترة 1981–2024، وهي مجموع الهطول المطري، الرطوبة النسبية، درجة الحرارة، وسرعة الرياح بالمتر/ثانية. تظهر البيانات نمطًا موسميًا واضحًا؛ ففي الشتاء (ديسمبر، يناير، فبراير) يكون الهطول المطري مرتفعًا نسبيًا (48.1–50.3 مم)، والرطوبة النسبية عالية (71.8–74.3%)، ودرجات الحرارة منخفضة (11.8–13.6°م)، مع سرعة رياح معتدلة (4.98–5.28 م/ث)، مما يشير إلى فصل بارد ورطب قد يسبب شعورًا بعدم الراحة الحرارية نتيجة البرودة. مع دخول فصل الربيع (مارس–مايو) ينخفض الهطول بشكل حاد (5.1–17.3 مم)، وتنخفض الرطوبة تدريجيًا (61.3–69%)، بينما ترتفع درجات الحرارة (17.4–21.1°م)، مع تراجع نسبي في سرعة الرياح (4.37–4.96 م/ث)، مما يخلق ظروفًا أكثر اعتدالًا للراحة الحرارية. خلال الصيف (يونيو–أغسطس) يكاد الهطول ينعدم (0.1–0.6 مم)، الرطوبة معتدلة (60.5–65.7%)، ودرجات الحرارة تصل إلى ذروتها (24.6–26.7°م)، مع سرعة رياح متوسطة (4.52–5.13 م/ث)، وهو ما يعكس بيئة حارة قد تؤدي إلى إجهاد حراري، خاصة عند التعرض للشمس أو الحركة. في الخريف (سبتمبر–

نوفمبر) يبدأ الهطول بالارتفاع مجددًا (4.6–27.7 مم)، وتنخفض درجات الحرارة تدريجيًا (17.4–25.3°م)، مع رطوبة نسبية متغيرة (63.8–67.7%)، وسرعة رياح منخفضة نسبيًا (3.93–4.29 م/ث)، ما يوفر ظروفًا شبه معتدلة للراحة الحرارية. يمكن استخدام هذه البيانات كأساس لاستخراج نتائج القرائن المناخية المتعلقة بالراحة والإرهاق المناخي، حيث تربط درجات الحرارة، الرطوبة، الرياح والهطول بالمؤشرات مثل قرينة توم، بيرزانسنو، جفني وأدولف لتقييم الشعور الحراري السنوي والتباين الموسمي في محطة طبرق.

تعريف قرائن الراحة والإرهاق المناخي:

قرائن الراحة والإرهاق المناخي هي مؤشرات تستخدم لتقييم شعور الإنسان بالحرارة أو البرودة وتأثير الظروف الجوية على راحته البدنية، حيث تجمع بين عناصر مثل درجة الحرارة، الرطوبة، الرياح، والإشعاع الشمسي لتقدير مدى الإجهاد الحراري أو الانزعاج الناتج عن المناخ، تُستخدم هذه القرائن لتحديد مستويات الراحة الحرارية في البيئات الداخلية والخارجية وتوجيه تصميم المباني والنشاطات البشرية(Fanger,1970,P.23-28) .

1. قرينة توم: (Thom Index) للانزعاج الحراري

قرينة توم هي مؤشر يستخدم لتقييم الإحساس الحراري للإنسان في الهواء الطلق، ويأخذ في الاعتبار درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية لتقدير شعور الراحة أو الانزعاج الحراري، ويُستخدم لتحديد مدى تحمل الإنسان للحرارة أو البرودة في مختلف الظروف المناخية. يُعد هذا المؤشر أداة عملية لتقييم الظروف الحرارية في البيئات الخارجية (. (Thom,1959,P. 59–

قرينة الراحة = درجة حرارة الهواء – (1–0.01 رطوبة نسبية) (درجة الحرارة – 14.5)

جدول (2) قيم قرينة الراحة حسب معادلة توم

قرينة الراحة	درجة شعور الانسان بالراحة
دون 21	شعور عام بالراحة
24 – 21	راحة نسبية
27 – 24	عدم راحة
أكثر من 27	شعور بعدم راحة شديد

المصدر : قصي السامرائي 2008 ، ص 162

https://doi.org/10.5281/zenodo.19103043

جدول (3) **قرينة توم الشهرية ودرجة شعور الإنسان بالراحة الحرارية**

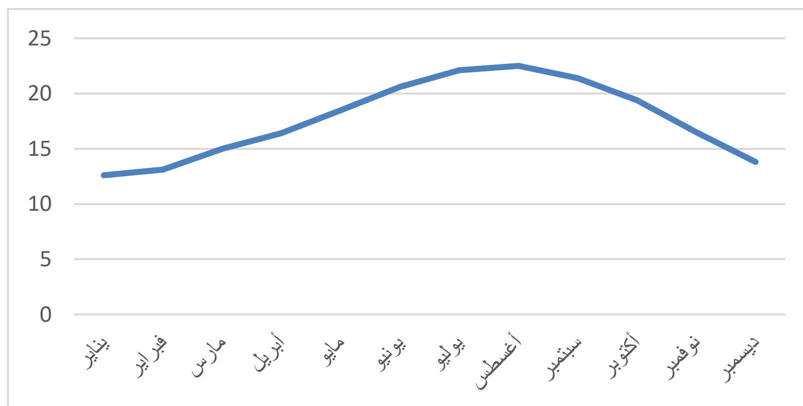
في محطة طبرق للفترة بين 1981–2024م

الشهور	قرينة توم	درجة شعور الانسان بالراحة
يناير	12.6	شعور عام بالراحة
فبراير	13.1	شعور عام بالراحة
مارس	15	شعور عام بالراحة
أبريل	16.4	شعور عام بالراحة
مايو	18.5	شعور عام بالراحة
يونيو	20.6	شعور عام بالراحة
يوليو	22.1	راحة نسبية
أغسطس	22.5	راحة نسبية
سبتمبر	21.4	راحة نسبية
أكتوبر	19.4	شعور عام بالراحة
نوفمبر	16.5	شعور عام بالراحة
ديسمبر	13.8	شعور عام بالراحة

المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي بيانات الجدول رقم (1)،(2)

شكل (2) **قرينة توم الشهرية ودرجة شعور الإنسان بالراحة الحرارية**

في محطة طبرق للفترة بين 1981–2024م



المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي بيانات الجدول رقم (3)

يمثّل الجدول رقم (3) تحليلًا شهريًا لقرينة توم وعلاقتها بدرجة شعور الإنسان بالراحة في محطة طبرق اعتمادًا على متوسطات البيانات المناخية للفترة الممتدة من 1981 إلى 2024م، حيث يُلاحظ نمط موسمي واضح في تغير درجات الحرارة وانعكاسه المباشر على الإحساس الحراري للإنسان؛ إذ تبدأ القيم في شهر يناير عند 12.6°م وتُصنَّف ضمن الشعور العام بالراحة نتيجة الاعتدال الحراري خلال فصل الشتاء، ثم ترتفع تدريجيًا في فبراير (13.1°م) ومارس (15°م) وأبريل (16.4°م) ومايو (18.5°م) ويونيو (20.6°م)، وهي فترة انتقالية من الشتاء إلى الصيف تتسم باستقرار واعتدال حراري واضح يجعل الإحساس العام بالراحة سائدًا، وهو ما يتطابق مع المنحنى البياني المرافق الذي يُظهر صعودًا منتظمًا في درجات الحرارة دون قفزات حادة، ومع دخول أشهر الصيف، خاصة يوليو وأغسطس، تصل قرينة توم إلى أعلى قيمها السنوية (22.1°م و22.5°م)، فيظهر على الرسم البياني قمة واضحة تعكس ذروة الحرارة، وهنا يتحول توصيف الشعور الحراري إلى "راحة نسبية" بسبب ازدياد الإحساس بالدفء، لا سيما مع تأثير الإشعاع الشمسي المباشر، رغم بقاء القيم ضمن نطاق مقبول مقارنة بمناطق أخرى، ثم يبدأ المنحنى بالانحدار التدريجي في سبتمبر (21.4°م) مع استمرار الشعور بالراحة النسبية، قبل أن تعود الراحة العامة للهيمنة في أكتوبر (19.4°م) ونوفمبر (16.5°م) وديسمبر (13.8°م) نتيجة الانخفاض المستمر في درجات الحرارة ودخول فصل الخريف ثم الشتاء، ويؤكد الرسم البياني المصاحب هذا التدرج الموسمي المنتظم صعودًا وهبوطًا، مما يعكس خصائص المناخ السائد في طبرق والذي يتسم بالاعتدال النسبي معظم أشهر السنة، حيث تظل فترات الشعور العام بالراحة أطول زمنيًا مقارنة بفترة الراحة النسبية في ذروة الصيف، وهو ما يجعل المنطقة مناسبة للأنشطة البشرية على مدار العام مع بعض التحفظات خلال أشهر الصيف الحارة نسبيًا.

2.قرينة بيرزانسنو:(Besancenot Index)

قرينة بيرزانسنو هي مؤشر حراري يُستخدم لتقدير شعور الإنسان بالحرارة أو البرودة في الهواء الطلق، ويستند إلى تحليل درجة الحرارة، الرطوبة، لتحديد مستوى الراحة أو الاجهاد الحراري جدول (4). يُعتبر هذا المؤشر مناسبًا لتقييم تأثير الظروف المناخية على النشاطات البشرية اليومية في البيئات المفتوحة. (Besancenot,1973,P. 73–81)

جدول (4) قيم فرينة بيرانسنو

قرينة الاجهاد الحراري		القرينة
البارد القارص	Very cold	اقل من -1.7
البارد جدا	Cold	-1.7 الي 12.9
البارد	Cool	13.0 الي 13.9
المريح	Comfort	15.0 الي 19.9
الحار	Hot	20.0 الي 26.4
الحار جدا	Very hot	26.5 الي 29.9
الفائض	Torrid	اكثر من 30.0

المصدر: بدر الدين احمد، (2008م، ص617)

$$DI = T - (0.55 - 0.0055RH)(T - 14.5)$$

T = درجة الحرارة (م^0)

RH= الرطوبة النسبية (بدر الدين، 2008م، ص627)

جدول (5) قرينة بيرزانسنو الشهرية وتصنيف الاجهاد الحراري

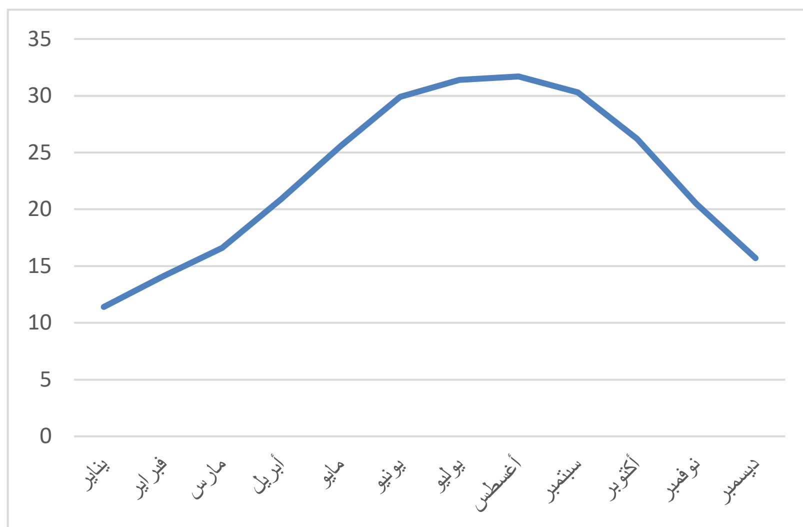
في محطة طبرق خلال الفترة 1981–2024م

الشهور	قرينة بيرزانسنو	القرينة
يناير	11.4	البارد جدا
فبراير	14.1	البارد
مارس	16.6	المريح
أبريل	20.9	الحار
مايو	25.6	الحار
يونيو	29.9	الحار جدا
يوليو	31.4	الفائض
أغسطس	31.7	الفائض
سبتمبر	30.3	الفائض
أكتوبر	26.2	الحار
نوفمبر	20.5	الحار
ديسمبر	15.7	المريح

المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي بيانات الجدول رقم (1)،(4)

شكل (3) قرينة بيرزانسنو الشهرية وتصنيف الاجهاد الحراري

في محطة طبرق خلال الفترة 1981–2024م



المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي بيانات الجدول رقم (5)

يمثل الجدول رقم (5) تحليلاً شهرياً لقرينة **بيرزانسنو** وعلاقتها بتصنيف الإحساس الحراري في محطة طبرق، ويُظهر التدرج الموسمي في شدة الحرارة وتأثيره المباشر على شعور الإنسان، حيث تبدأ القيم في شهر يناير عند 11.4°م وتُصنَّف ضمن فئة *البارد جدًا*، وهو ما يعكس تأثير فصل الشتاء وانخفاض درجات الحرارة إلى مستويات قد تسبب إحساسًا واضحًا بالبرودة، ثم ترتفع القرينة في فبراير إلى 14.1°م لتدخل فئة *البارد* مع بقاء الشعور الشتوي مسيطرًا ولكن بدرجة أقل حدة، ومع الانتقال إلى شهر مارس تسجل القرينة 16.6°م وتُصنَّف ضمن *المريح*، وهو ما يشير إلى بداية الاعتدال الحراري ودخول فصل الربيع، حيث تكون الظروف المناخية ملائمة للنشاط البشري، ويستمر الارتفاع في أبريل لتصل القرينة إلى 20.9°م وتدخل فئة *الحار*، ثم تزداد في مايو إلى 25.6°م مع استمرار الشعور بالحرارة، مما يعكس تصاعد الإشعاع الشمسي وطول النهار، ومع حلول فصل الصيف تبلغ القيم ذروتها في يونيو (29.9°م) مصنفة *الحار جدًا*، ثم في يوليو وأغسطس (31.4°م و31.7°م) ضمن فئة *الفائض*، وهي أعلى درجات الإجهاد الحراري خلال السنة، حيث يُظهر المنحنى البياني المصاحب قمة واضحة

https://doi.org/10.5281/zenodo.19103043

تعكس شدة الحرارة وتأثيرها السلبي على الراحة الحرارية للإنسان، ويستمر هذا الوضع نسبيًا في سبتمبر (30.3°م) ضمن الفائض قبل أن يبدأ المنحنى في الانخفاض التدريجي مع دخول الخريف، فتعود القرينة في أكتوبر إلى 26.2°م وتُصنَّف *الحار*، ثم في نوفمبر إلى 20.5°م مع بقاء الإحساس بالحرارة ولكن بدرجة أخف، وأخيرًا في ديسمبر تنخفض القرينة إلى 15.7°م لتعود فئة *المريح*، مما يدل على انتهاء التأثيرات الصيفية ودخول فصل الشتاء المعتدل، ويؤكد هذا التتابع الشهري، كما يظهر في شكل (3)، أن مناخ طبرق يتسم بشتاء بارد إلى معتدل وصيف شديد الحرارة، مع فترة قصيرة نسبيًا من الراحة الحرارية المثلى في فصلي الربيع والخريف مقارنة بطول فترة الإجهاد الحراري الصيفي .

3. معامل جفني:(Gaffney)

معامل جفني هو مؤشر حراري يستخدم لتقدير شعور الإنسان بالراحة أو عدم راحة بناءً على درجة حرارة الهواء المقاسة، يُستخدم هذا المعامل لتقييم الظروف المناخية وتحديد فترات الراحة أو الإجهاد الحراري في البيئة الخارجية وهذا يتضح من خلال المقياس التقييمي للجدول التالي.

جدول (6) درجة شعور الانسان بالراحة حسب درجة الحرارة لجفني

درجة الحرارة	درجة الشعور بالراحة
اكبر من 28	شعور بعدم راحة شديدة
27 - 28	عدم راحة
25 - 26.9	يتراوح بين الراحة وعدم الراحة باتجاه الحرارة
17 - 24.9	راحة
15 - 16.9	يتراوح بين الراحة وعدم الراحة باتجاه البرودة
اقل من 15	عدم راحة

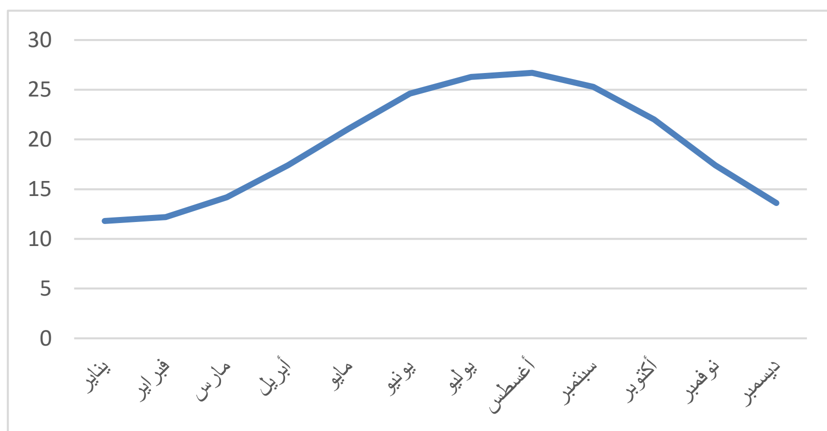
المصدر: قصي السامرائي (2008م، ص161)

جدول (7) تصنيف الراحة الحرارية حسب درجة الحرارة
وفق معيار جِفن في محطة طبرق للفترة بين 1981–2024م

الشهور	درجة الحرارة على ارتفاع مترين	درجة الشعور بالراحة
يناير	11.8	عدم راحة
فبراير	12.2	عدم راحة
مارس	14.2	عدم راحة
أبريل	17.4	راحة
مايو	21.1	راحة
يونيو	24.6	راحة
يوليو	26.3	يتراوح بين الراحة وعدم الراحة باتجاه الحرارة
أغسطس	26.7	يتراوح بين الراحة وعدم الراحة باتجاه الحرارة
سبتمبر	25.3	يتراوح بين الراحة وعدم الراحة باتجاه الحرارة
أكتوبر	22	راحة
نوفمبر	17.4	راحة
ديسمبر	13.6	عدم راحة

المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي بيانات الجدول رقم (1)،(6).

شكل (4) تصنيف الراحة الحرارية حسب درجة الحرارة
وفق معيار جِفني في محطة طبرق للفترة بين 1981–2024م



المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي بيانات الجدول رقم (7)

يمثّل الجدول رقم (7) تحليلًا شهريًا لقيم **معامل جفني** المعتمد على درجة الحرارة المقاسة على ارتفاع مترين عن سطح الأرض في محطة طبرق خلال الفترة المناخية 1981–2024م، ويُظهر بوضوح العلاقة المباشرة بين تغير درجة الحرارة والإحساس بالراحة الحرارية للإنسان على مدار السنة، حيث تسود حالة *عدم الراحة* في أشهر الشتاء الباردة نسبيًا، إذ تسجل درجات الحرارة 11.8°م في يناير و12.2°م في فبراير و14.2°م في مارس، وهي قيم تقل عن المجال الحراري المريح وفق هذا المعامل، مما يعكس تأثير البرودة على الإحساس الحراري، ومع الانتقال إلى فصل الربيع تبدأ ظروف الراحة الحرارية بالظهور، حيث يتحول الإحساس إلى *راحة* في أبريل عند 17.4°م ويستمر في مايو (21.1°م) ويونيو (24.6°م)، وهو ما يدل على اعتدال حراري واضح وتوازن مناسب بين درجة حرارة الهواء وقدرة الجسم على التكيف، ومع بلوغ ذروة الصيف في يوليو وأغسطس وسبتمبر ترتفع درجات الحرارة إلى 26.3°م و26.7°م و25.3°م، فتدخل مرحلة انتقالية يتراوح فيها الإحساس بين الراحة وعدم الراحة باتجاه الحرارة، أي أن الظروف تظل مقبولة نسبيًا لكنها تميل إلى الإجهاد الحراري الخفيف، ويُظهر الرسم البياني المرافق قمة صيفية معتدلة مقارنة ببقية المعاملات، ثم مع دخول فصل الخريف تنخفض درجات الحرارة مجددًا في أكتوبر (22°م) ونوفمبر (17.4°م) ليعود الإحساس إلى *الراحة*، قبل أن تنخفض القيم في ديسمبر إلى 13.6°م ويعود الإحساس إلى *عدم الراحة*، ويؤكد هذا التدرج الموسمي، كما يوضحه المنحنى البياني، أن معامل جفني يُظهر نطاقًا واسعًا من الراحة الحرارية في محطة طبرق يمتد من الربيع حتى أوائل الصيف ثم الخريف، مقابل فترتي عدم راحة شتوية وحرارية صيفية خفيفة، مما يعكس الطابع المعتدل نسبيًا للمناخ الساحلي للمدينة مقارنة بمؤشرات حرارية أخرى أكثر تشددًا.

.معامل أدولف :(Adolph Index, 1947)

معامل أدولف هو مؤشر حراري يستخدم لتقييم شعور الإنسان بالراحة أو الإجهاد الحراري بناءً على درجة الحرارة،وطبيعة النشاط البدني، سواء كان الجلوس، المشي في الشمس أو المشي ليلاً. يساعد هذا المعامل على تحديد مستويات الإجهاد الحراري المرتبطة بالنشاطات البشرية في البيئات الخارجية المختلفة(Adolph,1947,P. 259–270) .

الرمز (ح) في المعادلات ترمز الي درجة حرارة الهواء (م^{0})

أ.التوازن الحراري (سعره حرارية / ساعة) (الموازنة الحرارية Thermal Balancing) لجسم الانسان

1.انسان يجلس في الظل أثناء النهار = 100 + 22 (ح – 33)

2.انسان يمشي في الشمس = 200 + 25 (ح – 33)

3.انسان يمشي في الليل = 200 + 18 (ح – 33) (ابراهيم، 2004م، ص336)

جدول (8) **القيم الشهرية لمعامل أدولف (Adolf) لراحة الإنسان الحرارية وفق أنماط التعرض المختلفة في محطة طبرق للفترة بين 1981-2024م**

الشهور	انسان يجلس في الظل أثناء النهار	انسان يمشي في الشمس	انسان يمشي في الليل
يناير	-366.4	-330	-181.6
فبراير	-357.6	-320	-174.4
مارس	-313.6	-270	-138.4
أبريل	-243.2	-190	-80.8
مايو	-161.8	-97.5	-14.2
يونيو	-84.8	-10	48.8
يوليو	-47.4	32.5	79.4
أغسطس	-38.6	42.5	86.6
سبتمبر	-69.4	7.5	61.4
أكتوبر	-142	-75	2.0
نوفمبر	-243.2	-190	-80.8
ديسمبر	-326.8	-285	-149.2

المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي بيانات الجدول رقم (1)

تصنيف علي بيانات الجدول رقم (8)

قيمة معامل أدولف	التصنيف الحراري	قيمة معامل أدولف	التصنيف الحراري
أقل من −250	إجهاد برودة شديد	−50 إلى +50	راحة حرارية
−250 إلى −150	إجهاد برودة متوسط	+50 إلى +75	إجهاد حراري متوسط
−150 إلى −50	برودة خفيفة / عدم راحة باردة	أكبر من +75	إجهاد حراري شديد

شكل (5) **القيم الشهرية لمعامل أدولف (Adolf) لراحة الإنسان الحرارية وفق أنماط التعرض المختلفة في محطة طبرق للفترة بين 1981–2024م**



المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي بيانات الجدول رقم (8)

يمثّل الجدول رقم (8) تحليلًا شهريًا لقيم **معامل أدولف** في محطة طبرق خلال الفترة المناخية 1981–2024م، ويُظهر بوضوح التباين الموسمي في الإحساس الحراري للإنسان تبعًا لاختلاف النشاط والبيئة المحيطة، سواء كان الجلوس في الظل نهارًا أو المشي في الشمس أو المشي ليلًا، حيث تسجّل أشهر الشتاء من يناير إلى فبراير قيمًا سالبة كبيرة في الحالات الثلاث (تصل إلى −366.4 في الظل و−330 في الشمس و−181.6 ليلًا في يناير)، وهو ما يدل على سيادة الإحساس بعدم الراحة الحرارية الناتج عن البرودة، ويؤكده المنحنى البياني الذي يظهر انخفاضًا حادًا خلال هذه الفترة، ومع الانتقال التدريجي نحو الربيع في مارس وأبريل ومايو تبدأ القيم بالارتفاع التدريجي وتقل حدة السالبية، خاصة في حالة المشي ليلًا التي تقترب من الصفر في مايو (−14.2)، إلا أن الإحساس العام يظل ضمن حالة من عدم الراحة، ومع دخول فصل الصيف تتضح ذروة الإجهاد الحراري وفق معامل أدولف؛ ففي يونيو تتحول القيم الليلية إلى موجبة (48.8)، ثم ترتفع بشكل أوضح في يوليو وأغسطس أثناء المشي في الشمس (32.5 و42.5) وأثناء المشي ليلًا (79.4 و86.6)، ما يعكس تراكم الحرارة وارتفاع الحمل الحراري حتى خلال ساعات الليل، وهو ما يظهر في الرسم البياني على شكل قمة صيفية

واضحة، في حين يبقى الجلوس في الظل أقل تأثرًا لكنه لا يصل إلى مستوى الراحة، ثم يبدأ الانخفاض التدريجي في سبتمبر مع بقاء الإجهاد الليلي، قبل أن تعود القيم إلى السالب في أكتوبر، ويختفي الإجهاد الحراري تدريجيًا مع دخول الخريف، لتعود أشهر نوفمبر وديسمبر إلى قيم سالبة كبيرة تؤكد سيادة البرودة وعدم الراحة، ويعكس هذا السلوك العام للمنحنى أن مناخ طبرق يتميز بشتاء بارد يسبب عدم راحة حرارية، وصيف حار يفرض إجهادًا حراريًا واضحًا خاصة أثناء الحركة وتحت الشمس وحتى ليلًا، مع فترات انتقالية قصيرة لا تحقق توازنًا حراريًا مريحًا للإنسان وفق معامل أدولف.

ب. التوازن المائي (مم/ساعة) لجسم الانسان

1. انسان يجلس في الظل اثناء النهار = 180 + 25 (ح – 33)
2. انسان يمشي في الشمس = 720 + 41 (ح – 33)
3. انسان يمشي في الليل = 400 + 39 (ح – 33) (ابراهيم، 2004م، ص336)

جدول (9) القيم الشهرية لمعامل أدولف لراحة الإنسان للتوازن المائي وفق أوضاع التعرض المختلفة في محطة طبرق للفترة بين 1981–2024م

الشهور	انسان يجلس في الظل اثناء النهار	انسان يمشي في الشمس	انسان يمشي في الليل
يناير	-350	-149.2	-426.8
فبراير	-340	-132.8	-411.2
مارس	-290	-50.8	-333.2
أبريل	-210	80.4	-208.4
مايو	-117.5	232.1	-64.1
يونيو	-30	375.6	72.4
يوليو	12.5	445.3	138.7
أغسطس	22.5	461.7	154.3
سبتمبر	-12.5	404.3	99.7
أكتوبر	-95	269	-29
نوفمبر	-210	80.4	-208.4
ديسمبر	-305	-75.4	-356.6

المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي بيانات الجدول رقم (1)

– عندما تكون القيمة **سالبة** الجسم يتعرض إلى **إجهاد برودة** .(Cold Stress)

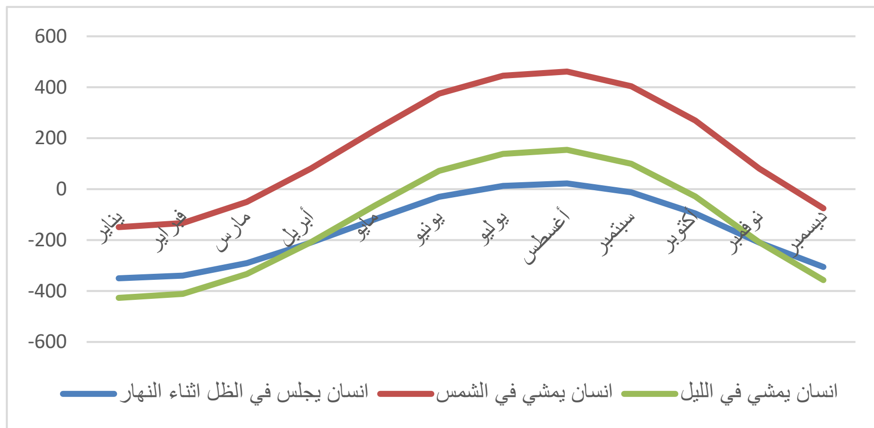
– كلما كانت القيمة السالبة **أكبر عددياً** مثل (–350) زادت شدة فقدان الحرارة والشعور بالبرودة.

https://doi.org/10.5281/zenodo.19103043

تصنيف علي بيانات الجدول رقم (9)

قيمة معامل أدولف	التصنيف الحراري	قيمة معامل أدولف	التصنيف الحراري
أقل من –350	إجهاد برودة شديد جدًا	+75 إلى +200	إجهاد حراري متوسط
–350 إلى –200	إجهاد برودة شديد	+200 إلى +350	إجهاد حراري شديد
–200 إلى –75	إجهاد برودة متوسط	أكبر من +350	إجهاد حراري شديد جدًا
–75 إلى +75	راحة حرارية		

شكل (6) القيم الشهرية لمعامل أدولف لراحة الإنسان الحرارية
وفق أوضاع التعرض المختلفة في محطة طبرق للفترة بين 1981–2024م



المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي بيانات الجدول رقم (9)

يمثّل الجدول رقم (9) تحليلًا شهريًا لقيم **معامل أدولف** في محطة طبرق خلال الفترة المناخية الممتدة من 1981 إلى 2024م، ويعكس بوضوح التغير الموسمي في الإحساس الحراري للإنسان باختلاف وضعه الحركي والبيئي، سواء كان جالسًا في الظل أثناء النهار، أو ماشيًا في الشمس، أو ماشيًا ليلًا، حيث تُظهر أشهر الشتاء من يناير إلى فبراير قيمًا سالبة كبيرة جدًا في الحالات الثلاث (مثل –350 في الظل و–149.2 في الشمس و–426.8 ليلًا في يناير)، وهو ما يدل على سيادة الإحساس بعدم الراحة الحرارية الناتج عن البرودة الشديدة، ويؤكده المنحنى البياني بانخفاض حاد خلال هذه الفترة، ومع الانتقال التدريجي إلى فصل الربيع في مارس تستمر حالة عدم الراحة رغم تحسن القيم نسبيًا، ثم يبدأ التباين الواضح في أبريل ومايو، حيث يبقى الجلوس في الظل والمشي ليلًا ضمن نطاق عدم الراحة بسبب بقاء القيم سالبة، في حين

يتحول المشي في الشمس إلى قيم موجبة مرتفعة (80.4 في أبريل و232.1 في مايو) مصحوبة بإجهاد حراري واضح نتيجة ازدياد الإشعاع الشمسي، ومع دخول فصل الصيف تظهر ذروة الإجهاد الحراري وفق معامل أدولف بوضوح شديد؛ ففي يونيو ويوليو وأغسطس تسجّل أعلى القيم أثناء المشي في الشمس (375.6، 445.3، 461.7) وأثناء المشي ليلًا (72.4، 138.7، 154.3)، ما يعكس تراكم الحرارة وارتفاع الحمل الحراري حتى خلال الليل، وهو ما يظهر في الرسم البياني على شكل قمة صيفية حادة، بينما يظل الجلوس في الظل أقل تأثرًا ويصل إلى حدود الراحة فقط في يوليو وأغسطس (12.5 و22.5)، ثم يبدأ الانخفاض التدريجي في سبتمبر مع استمرار الإجهاد الحراري أثناء المشي في الشمس والليل، قبل أن تعود القيم إلى السالب في أكتوبر، ويختفي الإجهاد الليلي، وتعود أشهر نوفمبر وديسمبر إلى قيم سالبة كبيرة جدًا (مثل ‎-305 في الظل و‎-356.6 ليلًا في ديسمبر)، مما يؤكد سيادة الإحساس بالبرودة وعدم الراحة في فصل الشتاء، ويُبرز هذا التحليل، كما يوضحه الرسم البياني المرافق، أن مناخ طبرق يتسم بشتاء بارد يسبب عدم راحة حرارية عامة، وصيف شديد الحرارة يفرض إجهادًا حراريًا قويًا خاصة أثناء الحركة وتحت أشعة الشمس وحتى خلال الليل، مع محدودية فترات التوازن الحراري المريح وفق معامل أدولف.

. معامل الحرارة والرياح لسبيل: (Siple Index, 1945)

معامل سبيل هو مؤشر يستخدم لتقييم الإحساس بالبرودة أو الحرارة الناتجة عن الجمع بين درجة الحرارة وسرعة الرياح، ويُظهر مدى تأثير الرياح على فقدان حرارة الجسم وإحساس الإنسان بالبرودة في الهواء الطلق.يُستخدم هذا المؤشر لتقدير المخاطر الحرارية على الإنسان في البيئات الباردة والمعرضة للرياح(Siple, 1945,P. 177-194) .

عامل تبريد = $(33 - T)\ (10\sqrt{u} + 10.5 - u)$ (السامري، 2007م، ص94)

u = سرعة الرياح (م/ث)

T= درجة الحرارة (^{0}م)

https://doi.org/10.5281/zenodo.19103043

جدول (10) قيمة معامل الحرارة والرياح لسبيل

معامل الحرارة والرياح	الاحساس	معامل الحرارة والرياح	الاحساس
اقل من 50	حار	400 – 600	تميل للبرودة
50 – 100	دافئ	600 – 800	بارد
100 – 200	لطيف	800 – 1000	بارد جدا
200 – 400	شبه معتدل	1000 – 1200	قارص

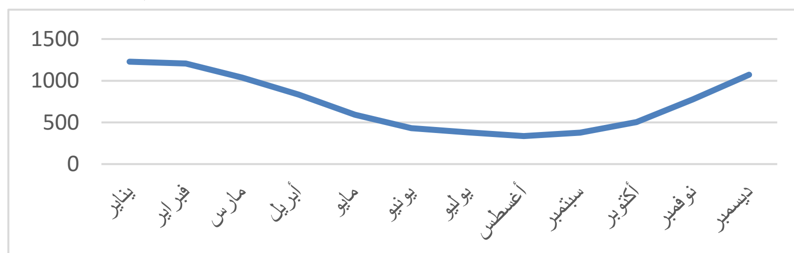
المصدر: مسعد منذور، (2005م، ص228)

جدول (11) معامل الحرارة والرياح الشهرية وتصنيف الإحساس الحراري وفق معامل سبيل في محطة طبرق خلال الفترة 1981–2024م

الشهور	معامل الحرارة والرياح لسبيل	الاحساس
يناير	1228.12	قارص
فبراير	1206.82	قارص
مارس	1036.63	بارد جدا
أبريل	832.1	بارد جدا
مايو	592.98	أميل للبرودة
يونيو	429.91	أميل للبرودة
يوليو	379.69	شبه معتدل
أغسطس	336.04	شبه معتدل
سبتمبر	378.15	شبه معتدل
أكتوبر	504.57	أميل للبرودة
نوفمبر	774.54	بارد
ديسمبر	1073.21	بارد جدا

المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي بيانات الجدول رقم (10)

شكل (7) **معامل الحرارة والرياح الشهرية وتصنيف الإحساس الحراري وفق معامل سبيل في محطة طبرق خلال الفترة 1981–2024م**



المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي بيانات الجدول رقم (11)

يمثّل هذا الجدول تحليلًا شهريًا لمعامل **الحرارة والرياح لسبيل** وما يعكسه من الإحساس الحراري السائد في محطة طبرق على مدار السنة، حيث يوضّح بجلاء الدور المشترك لدرجة

الحرارة وسرعة الرياح في تشكيل الإحساس بالبرودة أو الاعتدال؛ إذ تسجّل أشهر الشتاء أعلى قيم للمعامل، ففي يناير (1228.12) وفبراير (1206.82) يسود إحساس *قارص* يدل على شدة البرودة الناتجة عن انخفاض درجات الحرارة مقترنًا بتأثير الرياح، وهو ما يضاعف فقدان الجسم للحرارة، ومع بداية الانتقال الربيعي في مارس وأبريل تنخفض قيم المعامل إلى (1036.63 و832.1) لتصنّف الحالة على أنها *بارد جدًا*، ما يشير إلى استمرار الإحساس بالبرودة رغم التحسن النسبي في الظروف الحرارية، ثم مع دخول مايو ويونيو تتراجع القيم بشكل واضح إلى (592.98 و429.91) ويتحول الإحساس إلى *أميل للبرودة*، وهو ما يعكس اعتدالًا نسبيًا في الطقس مع بقاء تأثير الرياح ملحوظًا، وفي ذروة الصيف خلال يوليو وأغسطس تسجّل أدنى القيم السنوية (379.69 و336.04) ويظهر الإحساس ك *شبه معتدل*، مما يدل على أن ارتفاع درجات الحرارة يقابل جزئيًا أثر الرياح، فيقل الإحساس بالبرودة دون الوصول إلى حرارة مزعجة، ويستمر هذا الوضع النسبي في سبتمبر (378.15)، ثم مع دخول الخريف تبدأ القيم بالارتفاع مجددًا في أكتوبر (504.57) ليعود الإحساس إلى *أميل للبرودة*، قبل أن يزداد تأثير البرودة في نوفمبر (774.54) مصنّفًا ك *بارد*، ويبلغ ذروته مرة أخرى في ديسمبر (1073.21) حيث يسود إحساس *بارد جدًا*، ويُظهر هذا التدرج الموسمي، كما يوضحه المنحنى البياني المرافق، أن مناخ طبرق يتسم بشتاء شديد الإحساس بالبرودة بفعل الرياح، وصيف شبه معتدل نسبيًا، مع فترات انتقالية يغلب عليها الإحساس بالبرودة أكثر من الدفء، مما يؤكد الأهمية الكبيرة لتأثير الرياح في تحديد الراحة الحرارية في المنطقة.

جدول (12) **مقارنة بين القرائن والمعامل الحرارية المدروسة في محطة طبرق خلال الفترة 1981–2024م**

القرينة/المعامل	ذروة الصيف	ذروة الشتاء	فترة الراحة الأطول	ملاحظات
توم	22.5°م	12.6°م	الربيع والخريف	ذروة الصيف "راحة نسبية"
بيرزانسنو	31.7°م	11.4°م	الربيع والخريف	الصيف شديد الحرارة جدًا
جفني	26.7°م	11.8°م	أبريل–يونيو وأكتوبر–نوفمبر	الصيف منتصف الدرجة، منتصف الراحة
أدولف	461.7 (الشمس)	-426.8 (ليل)	يوليو–أغسطس (ظل)	يأخذ النشاط والحركة بعين الاعتبار
الحرارة والرياح لسبيل	336.04	1228.12	يوليو–سبتمبر	يبرز تأثير الرياح على الإحساس الحراري

المصدر: من عمل الباحثة بناءً علي الجدول (3)، (5)، (7)،(9)، (11).

https://doi.org/10.5281/zenodo.19103043

تمثل مقارنة القرائن المناخية في محطة طبرق خلال الفترة 1981–2024 صورة واضحة للتباين الموسمي في الإحساس الحراري للإنسان باختلاف المؤشرات المستخدمة. تبدأ **قرينة توم** في يناير عند 12.6°م مع شعور عام بالراحة، وترتفع تدريجيًا في فبراير إلى 13.1°م ومارس 15°م وأبريل 16.4°م ومايو 18.5°م ويونيو 20.6°م، حيث تظل حالة الراحة العامة مسيطرة، بينما تصل ذروة الصيف في يوليو إلى 22.1°م وأغسطس 22.5°م مصحوبة بـ"راحة نسبية"، ثم تنخفض تدريجيًا في سبتمبر 21.4°م وأكتوبر 19.4°م ونوفمبر 16.5°م لتعود الراحة العامة في ديسمبر 13.8°م. بالمقابل، تُظهر **قرينة بيرزانسنو** ذروة صيفية أعلى بكثير، إذ تبدأ يناير بـ11.4°م وتُصنّف باردة جدًا، وفبراير 14.1°م بارد، مارس 16.6°م مريح، أبريل 20.9°م حار، مايو 25.6°م حار، وتبلغ ذروة الصيف في يونيو 29.9°م حار جدًا، ويوليو 31.4°م وأغسطس 31.7°م ضمن الفائض، ثم تنخفض إلى سبتمبر 30.3°م فائض، أكتوبر 26.2°م حار، نوفمبر 20.5°م حار، وديسمبر 15.7°م مريح. هذا يوضح أن بيرزانسنو يعطي قياسات أعلى من توم ويبرز الإجهاد الحراري الصيفي بشكل أكبر .**معامل جفني** المعتمد على درجة الحرارة على ارتفاع مترين يظهر نمطًا أقل تطرفًا؛ ففي يناير 11.8°م عدم راحة، فبراير 12.2°م عدم راحة، مارس 14.2°م عدم راحة، ثم يتحسن الإحساس بالراحة في أبريل 17.4°م، مايو 21.1°م ويونيو 24.6°م، ويصل الصيف إلى يوليو 26.3°م وأغسطس 26.7°م وسبتمبر 25.3°م، حيث يكون الإحساس متدرجًا بين الراحة وعدم الراحة باتجاه الحرارة، ثم ينخفض إلى أكتوبر 22°م، نوفمبر 17.4°م راحة، وديسمبر 13.6°م عدم راحة. هذا يظهر أن جفني يعطي تقديرًا أكثر اعتدالًا للحرارة مقارنة ببيرزانسنو. من جهة أخرى، **معامل أدولف** يأخذ في الحسبان النشاط والحركة، ففي يناير تصل القيم إلى -366.4 في الظل و-330 في الشمس و-181.6 ليلًا، بينما في يوليو تكون 12.5 في الظل و445.3 في الشمس و138.7 ليلًا، وأغسطس 22.5 في الظل و461.7 في الشمس و154.3 ليلًا، ما يعكس تأثير النشاط على الإجهاد الحراري ويبرز الذروة الصيفية بشكل حاد مقارنة بمؤشرات توم وجفني.

أما **معامل الحرارة والرياح لسبيل**، فيظهر الدور الكبير للرياح في تعديل الإحساس الحراري، حيث تسجل يناير 1228.12 إحساس قارص، فبراير 1206.82 قارص، مارس 1036.63 بارد جدًا، ويونيو 429.91 أميل للبرودة، يوليو 379.69 شبه معتدل،

أغسطس 336.04 شبه معتدل، سبتمبر 378.15 شبه معتدل، أكتوبر 504.57 أميل للبرودة، نوفمبر 774.54 بارد، وديسمبر 1073.21 بارد جدًا، مما يدل على أن الرياح تخفف من الإحساس بالحرارة الصيفية لكنها تزيد من شعور البرودة شتاء. بالمقارنة بين القرائن، نجد أن بيرزانسنو يتفوق في تقدير الحرارة الصيفية القصوى، توم يوفر تقييمًا معتدلًا مع إبراز الراحة النسبية، جفني يقدم مؤشرًا متوازنًا للراحة الموسمية، أدولف يوضح تأثير النشاط اليومي والظل والشمس على الإحساس الحراري، بينما الحرارة والرياح لسبيل تعكس تأثير الرياح بشكل واضح على البرودة والاعتدال، مما يجعل كل مؤشر يقدم رؤية مختلفة للراحة الحرارية ويكمل الآخر لتوفير فهم شامل للمناخ في طبرق على مدار العام.

استنتاجات:

1.الشتاء في طبرق يتسم بالبرودة وعدم الراحة الحرارية بشكل عام.

2.الصيف شديد الحرارة خاصة أثناء المشي في الشمس، ويؤدي إلى إجهاد حراري.

3.الربيع والخريف يوفران أطول فترات الراحة الحرارية.

4.قرينة بيرزانسنو تُظهر أعلى ذروة حرارية صيفية مقارنة ببقية القرائن.

5.معامل جفني يقدم مؤشرًا متوازنًا للراحة الموسمية.

6.معامل أدولف يوضح تأثير النشاط والحركة على شعور الإنسان بالحرارة أو البرودة.

7.الرياح تلعب دورًا مهمًا في تعديل الإحساس بالبرودة وفق معامل الحرارة والرياح لسبيل.

8.الجلوس في الظل الصيفي يخفف بعض الإجهاد الحراري مقارنة بالمشي تحت الشمس.

9.الليل الصيفي لا يزال يحمل بعض الإجهاد الحراري حسب معامل أدولف.

10.التدرج الموسمي للراحة الحرارية يظهر نمطًا منتظمًا مع ذروات في الشتاء والصيف.

التوصيات:

1.في ضوء نتائج الدراسة، يُوصى بإجراء دراسات مستقبلية متخصصة لتقييم تأثير التغير المناخي على مؤشرات الراحة الحرارية في مدينة طبرق، مع تطوير نماذج للتكيف المبكر تستند

إلى سيناريوهات مناخية متوقعة، ودمج مؤشرات القرائن المتعددة (الحرارية، الإشعاعية، الرياح، والرطوبة) عند تحليل الراحة الحرارية المستقبلية لضمان دقة التقييم وشموليته.

2. كما تُوصي الدراسة بتشجيع النشاطات الخارجية خلال فترات الربيع والخريف، ولا سيما بين شهري **مارس–يونيو وأكتوبر–نوفمبر**، باعتبارها الفترات الأكثر اعتدالًا مناخيًا، مما يسهم في تقليل التعرض للإجهاد الحراري الصيفي والشتوي. وينبغي كذلك مراعاة فترات الراحة الليلية، خاصة خلال موجات الحر، لتفادي تراكم الإجهاد الحراري الناتج عن استمرار ارتفاع درجات الحرارة.

3. وفيما يتعلق بالأنشطة الرياضية والترفيهية، يُقترح تخطيطها في الساعات الأقل حرارة من اليوم، تحديدًا قبل الساعة العاشرة صباحًا وبعد الساعة الخامسة مساءً، للحد من تعرض المشاركين للإجهاد الحراري، خصوصًا خلال فصل الصيف.

4. وعلى المستوى العمراني، توصي الدراسة بتصميم المباني والواجهات بطريقة تقلل من التعرض المباشر لأشعة الشمس خلال ساعات الذروة الصيفية، من خلال استخدام المظلات، والشرفات، والعناصر المعمارية الواقية، إضافة إلى اعتماد مواد عاكسة للحرارة. كما يُنصح بتوفير مناطق مظللة في الأماكن العامة خلال فصل الصيف، وتعزيز الاستفادة من حركة الرياح الطبيعية في التصميم الحضري لتخفيف الإحساس بالحرارة وتحسين الراحة الحرارية في الفضاءات المفتوحة.

وتؤكد هذه التوصيات مجتمعة أهمية تبني نهج تخطيطي متكامل يربط بين التخطيط المناخي، والتصميم العمراني، وإدارة الأنشطة البشرية، بما يحقق بيئة حضرية أكثر ملاءمة واستدامة في ظل التغيرات المناخية المتوقعة.

المراجع

المراجع العربية .

1) آمال جمعة محمد النكب، أثر المناخ على الراحة الفسيولوجية للإنسان في منطقة الزاوية، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، ليبيا–الزاوية، 2024م.

2) بدر الدين يوسف محمد احمد، راحة الانسان الحرارية في المملكة العربية السعودية بتطبيق بعض القرائن الحيوية – المثيورولوجية – مجلة كلية الاداب - جامعة الزقازيق- العدد 46، 2008م.

3) **جمعة أرحومة جمعة الجالي**، دراسة التباين المكاني لمستويات الراحة المناخية في إقليم الجبل الأخضر – شمال شرق ليبيا، مجلة المختار للعلوم الاجتماعية، **المجلد 41**، **العدد 1**، **سنة 2023م**.

4) علي احمد الزروق، طبرق تاريخها وجغرافيتها، دار الفجر للنشر، 2012م.

5) علي مصطفى سليم، الخرائط الرقمية لمستويات الراحة الفسيولوجية في منطقة خليج سرت للفترة 1970–2010 باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، Abhat Journal (مجلة أبحاث journal.su.edu.ly –)، ليبيا، 2024م.

6) علي مصطفى سليم، قرائن الراحة المناخية الحيوية المركبة: تحليل تطبيقي على مناخ منطقة مصراتة للفترة 1950–2020، Abhat Journal، ليبيا، 2023م.

7) فدوي إبراهيم سالم العقوري،الحرارة وآثارها علي الراحة والإرهاق المناخي بشمال ليبيا(دراسة في المناخ التطبيقي)،(رسالة دكتوراه)، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة المنصورة، 2021م.

8) قصي عبد المجيد السامري، الامناخ والاقاليم المناخية، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، 2007م.

9) محمد توفيق ابراهيم، المناخ واثرة علي راحة الانسان في السواحل المصرية – دراسة في المناخ التطبيقي، (رسالة دكتوراة)، قسم الجغرافيا، كلية الاداب، جامعة سوهاج، 2004م.

10) مسعد سلامة مسعد منذور، أقاليم الراحة والارهاق المناخي في مصر، المجلة الجغرافية العربي، تصدر عن الجمعية الجغرافية المصرية، العدد 46، السنة 37، الجزء الثاني، 2005م.

11) موسى خليل سعيد، دور المناخ في تحديد الأشهر المريحة وغير المريحة للإنسان بمنطقة مصراتة (دراسة في المناخ التطبيقي)، مجلة أبحاث، 15، 2023م.

المراجع الاجنبية:

1. Adolph, E. F., Physiological Responses to Heat and Cold in Outdoor Environments, American Journal of Physiology, 150(2), 259–270, 1947.

2. Besancenot, J. P., Comfort and Heat Stress in Outdoor Environments, International Journal of Biometeorology, 17(2), 73–81, 1973.

3. Fanger, P. O., Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering, Copenhagen, Denmark, 1970, pp. 23–28.

4. Harrison, R. G., Climatology: Principles and Applications, London, UK, 2010, pp. 45–47.

5. Siple, P. A., & Passel, C. F., Measurements of Dry Atmospheric Cooling in Subzero Temperatures, Proceedings of the American Philosophical Society, 89(4), 177–194, 1945.

6. Thom, E. C., The Discomfort Index, Weatherwise, 12(2), 59–61, 1959.

7. World Meteorological Organization (WMO), Climatological Normals for Tobruk Station, Libya, Geneva, Switzerland, 2018.

مراجع الإلكترونية

1. https://power.larc.nasa.gov/data-access